

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION HOORN

HET BEPALEN VAN RHEOLOGISCHE EIGENSCHAPPEN VAN KAAS

DOOR

H. MULDER

(Ingezonden 5 October 1945)

De consistentie van kaas wordt tot nu toe alleen langs zintuigelijken weg bepaald. Er wordt zoo goed als geen gebruik gemaakt van objectieve mechanische methoden van onderzoek, zelfs niet van empirische. De oorzaak hiervoor zal vooral bij de buitengewoon groote gecompliceerdheid van de kaasconsistentie en bij de zeer groote verschillen in consistentie die kunnen voorkomen, moeten worden gezocht. Pas in den laatsten tijd wordt aandacht besteed aan het bepalen van de rheologische eigenschappen van kaas, b.v. door KOESTLER (1) in Zwitserland, DAVIS (2) en later SCOTT BLAIR (3) en medewerkers in Engeland, SCHWARZ en medewerkers (4) in Duitschland. De meeste onderzoeken kunnen echter nauwelijks meer dan oriënteerend worden genoemd (de jongste Engelsche mededeelingen hebben we tot nu toe niet kunnen lezen).

Bij een onderzoek over de consistentie van kaas zal men er naar streven de verschillende consistentiefactoren als: smijdigheid, taaiheid, korthed, stevigheid, uit te drukken in beter gedefinieerde eigenschappen als elasticiteit, viscositeit enz., die in absolute eenheden kunnen worden uitgedrukt. Hierbij doen zich echter veel moeilijkheden voor.

Dikwijls zijn de genoemde eigenschappen moeilijk onafhankelijk van elkaar te bestudeeren. Als men b.v. de elastische vormveranderingen (dus de tijdelijke vormveranderingen) wil bestudeeren door kaas tijdelijk onder druk te brengen, zal men naast tijdelijke meestal ook blijvende vormveranderingen kunnen waarnemen. Verder is kaas een weinig geschikt object voor rheologische studiën, omdat er zooveel gaten van uiteenlopende grootte in voorkomen. Ook is kaas niet homogeen wat consistentie betreft; aan den rand is ze meestal veel stugger dan in de kern. Bij een onderzoek zal men allerlei nevenfactoren moeten verwaarloozen en zoo goed mogelijk vergelijkbare monstertjes met zoo weinig mogelijk gaten moeten uitzoeken. Bij ons onderzoek moest soms een heele kaas worden versneden om een paar goede monstertjes te krijgen.

De consistentie van een stof wordt aangegeven door het gedrag van die stof ten opzichte van uitwendige krachten, die er op werken. Als de stof zich gemakkelijk laat vervormen, is ze week; ze is daarentegen stevig, als ze een grooten tegenstand aan die krachten biedt.

Men kan op verscheiden manieren uitwendige krachten op een stof uitoefenen ten einde de daardoor teweeggebrachte vormveranderingen en dus de consistentie te bestuderen. Vloeistoffen perst men meestal door een nauwe buis, vaste stoffen en vloeistoffen van een hooge viscositeit worden dikwijls tusschen 2 evenwijdige platen samengedrukt.

Vloeistoffen gaan reeds onder den invloed van de kleinst denkbare krachten vloeien; onder den invloed van de zwaartekracht vloeien ze uit. Bij Newton-vloeistoffen is de vloeisnelheid recht evenredig met den aangewenden druk (fig. 1). Vele vloeistoffen gedragen zich echter anders. Waarschijnlijk zijn de deeltjes waaruit ze bestaan, tot een

zekere hoogte met elkaar verbonden of veroorzaakt hun vorm een zekeren weerstand tegen de vloeïng. Er is dan geen rechtvenredigheid meer tusschen de vloeisnelheid en den druk (fig. 2).

Niet alle stoffen veranderen van vorm als er een kleine druk op wordt uitgeoefend. Vaste stoffen b.v. zakken onder den invloed van de zwaartekracht niet in elkaar, maar behouden hun vorm. Wanneer de druk echter voortdurend wordt verhoogd, kan de stof hem ten slotte niet meer weerstaan. Ze kan dan breken, of zelfs tot stukken uiteenvallen; b.v. beschuit. Andere stoffen breken echter niet, maar gaan vloeien. Van het oogenblik af, waarop ze aan den druk toegeven, gedragen ze zich op dezelfde wijze als vloeistoffen; ze veranderen van vorm, maar de deeltjes, waaruit ze bestaan, behouden hun onderlingen samenhang. Fig. 3 stelt zoo'n geval in den idealen vorm voor. Bij den druk V gaat de stof vloeien; deze druk wordt de vloeigrens genoemd. Bijna altijd echter hebben we met minder ideale gevallen te doen en wordt b.v. een verband tusschen vloeisnelheid en druk gevonden als dat van fig. 4. Voor boter hebben we reeds zoo'n geval beschreven (5).

Hiermede zijn slechts eenige eenvoudige vormveranderingen genoemd. Er kunnen nog vele andere soorten van vormveranderingen voorkomen, b.v. allerlei soorten van elastische vormveranderingen, waarbij de oude vorm zich na het opheffen van den druk tracht te herstellen. Bovendien kunnen allerlei soorten van vormveranderingen tegeliker-tijd plaats vinden. De toestand kan dan heel ingewikkeld worden.

De figuren 5, 6, 7 en 8 geven eenige voorbeelden van den invloed, dien de druk kan hebben op de hoogte van cylindertjes van verschillende stoffen, die zich tusschen twee evenwijdige platen bevinden. In de vertikale richting is de hoogte van het cylindertje (H) uitgezet, in de horizontale de tijd.

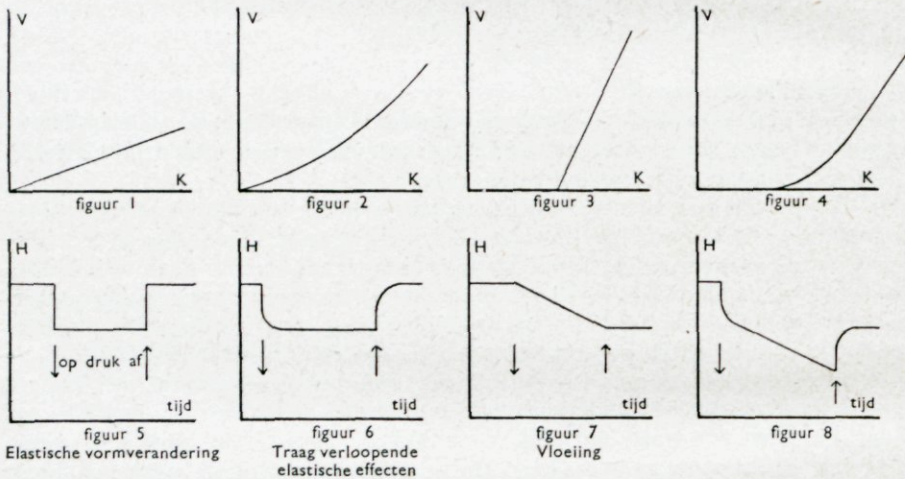


Fig. 5. Zoodra de druk wordt aangebracht neemt H af en blijft dan verder constant. Als de druk wordt weggenomen, herneemt de stof dadelijk weer haar ouden vorm.

Fig. 6. Bij het aanbrengen van den druk neemt H weer snel af. Deze hoogtevermindering wordt aanvankelijk echter grooter met den tijd. Ook het terugveeren gaat eerst snel (momentane elastische terugveering), later langzamer (elastische nawerking). De stof krijgt haar ouden vorm echter geheel terug.

Fig. 7. Alleen druk die grooter is dan de vloeigrens, wordt aangebracht, gaat de stof vloeien. De hoogte neemt dan regelmatig af met den tijd. Als de druk wordt weggenomen, behoudt de stof haar nieuwen vorm.

Een combinatie van 6 en 7 komt voor in fig. 8. Bij het aanbrengen van den druk neemt de hoogte dadelijk veel af door de momentane elastische eigenschappen, later minder snel door trage elastische verschijnselen en door vloeïng. Bij het opheffen van den druk veert de stof eerst snel terug (momentane elastische terugveering), later langzamer (elastische nawerking). Tengevolge van de vloeïng krijgt ze haar ouden vorm echter niet terug.

Kaas is onder zeer verschillende omstandigheden aan uitwendige krachten blootgesteld.

Tijdens de bewaring moet een kaas de zwaartekracht weerstaan. Haar vermogen haar vorm te behouden, wordt o.a. bepaald door de consistentie van het zuivel en de eigenschappen van de korst. Het uitdrogen heeft een grooten invloed op de eigenschappen van de korst, daarom zullen deze buiten beschouwing worden gelaten. Bij een onderzoek over den invloed van de consistentie van het zuivel op het vermogen van kaas haar vorm te behouden, kan men de kaas aan een druk onderwerpen, die grooter is dan de zwaartekracht. Deze druk mag echter niet zoo groot zijn, dat de samenhang tusschen de deeltjes wordt verbroken en de kaas breekt, terwijl hij liefst gedurende een niet al te korten tijd moet worden aangewend.

Bij het beoordeelen van het zuivel wrijft men de kaas tusschen de vingers fijn. Hierbij worden zulke groote krachten aangewend, dat de kaas breekt. De omstandigheden zijn hier dus geheel anders dan die, welke in de vorige alinea werden genoemd.

Daar er onder zulke verschillende omstandigheden een druk op de kaas kan worden uitgeoefend, dienen de vormveranderingen, die onder den invloed van uitwendige krachten tot stand kunnen komen, ook onder verschillende omstandigheden te worden onderzocht.

PROEVEN, WAARBIJ DE SAMENHANG TUSSCHEN DE KAASDEELTJES BEHOUDEN BLIJFT

Een veel toegepaste methode van consistentieonderzoek is die, waarbij de stof tusschen twee evenwijdige platen wordt gebracht, waarna een gewicht op de bovenste plaat wordt gezet en de samendrukking, die de stof ten gevolge van dat gewicht ondergaat, wordt bepaald. Na het wegnemen van het gewicht kan de terugveering worden bestudeerd. Bij het onderzoek van kaas werd deze methode toegepast door KOESTLER, DAVIS en later ook door SCOTT BLAIR. Deze onderzoekers kozen een zeer verschillenden vorm van uitvoering, terwijl ze hun cijfers verschillend interpreteerden.

Fig. 9 is een schets van het door ons gebruikte toestel. De samendrukking van het cylindervormige stukje kaas (doorsnede 4 cm^2 , hoogte $1,5\text{ cm}$) werd met behulp van een wijzer $6\times$ vergroot. De evenwijdige plaatjes, waartusschen de kaas zich bevond, hadden een doorsnede van 4 cm^2 .

figuur 9

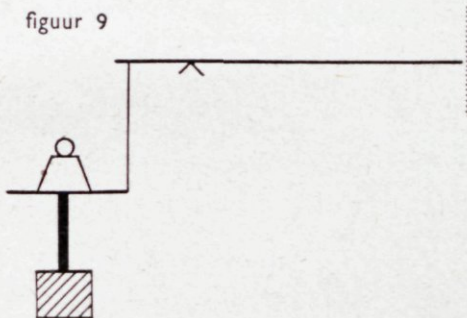
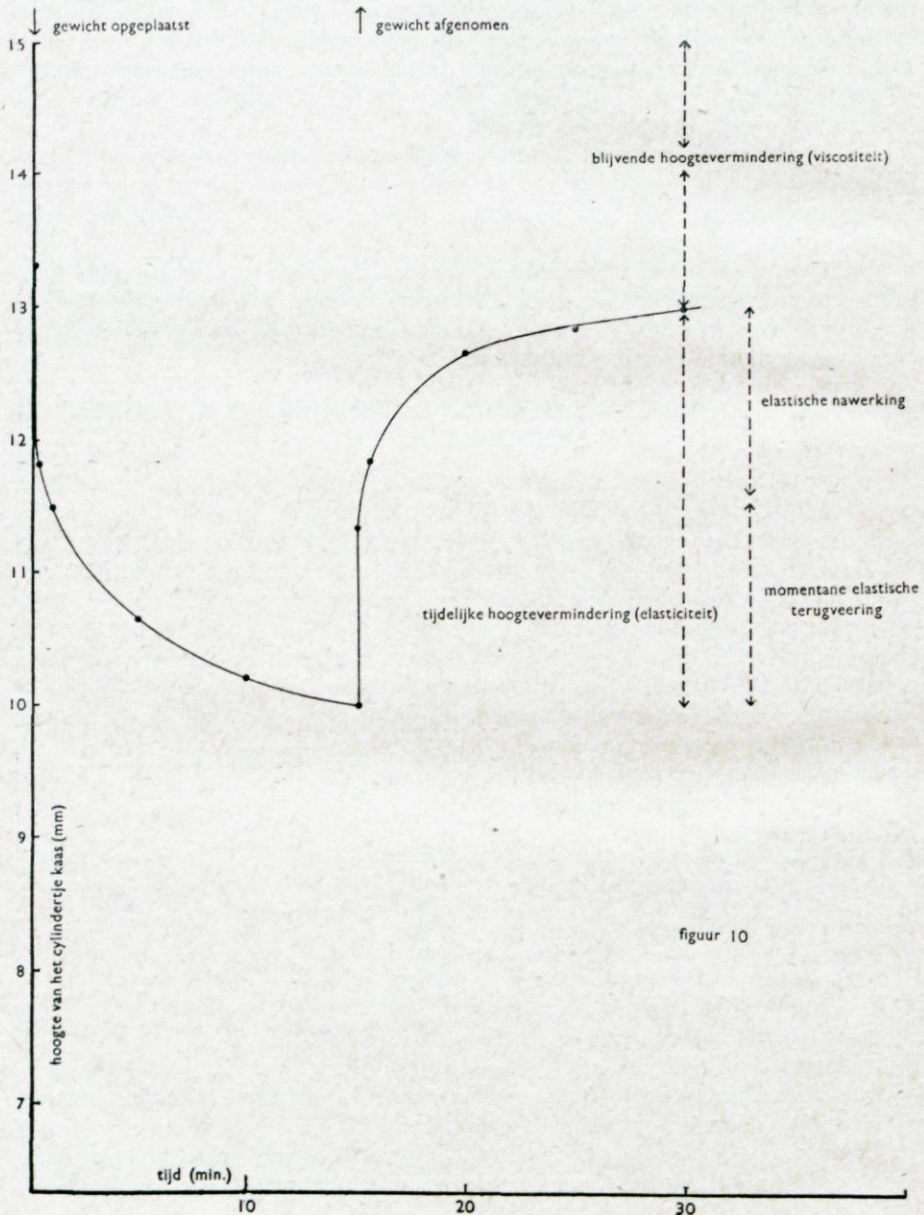


Fig. 10 geeft de veranderingen in hoogte weer, die bij een jonge Edammer kaas werden gevonden.

Het verloop van de deformatielijn is ongeveer als dat van fig. 8. We moeten bij kaas dus rekening houden met vloeijing, momentane elastische terugveering en traag verloopende elastische verschijnselen.

De duur van de samendrukking en die van de terugveering hebben een grooten invloed op het verloop van de deformatielijn. Fig. 11 laat dit uitkomen.

Bij de proef, waarop deze figuur betrekking heeft, werden cilindervormige stukjes van dezelfde kaas gedurende verschillende tijden belast; daarna werd het gewicht weggenomen en werd de terugveering nagegaan. Ten gevolge van langzaam verlopende elastische processen duurt het verscheiden minuten, voordat de elastische deformatie geheel voltooid is en er van een regelmatige vloeïng kan worden gesproken; ook duurt het verscheiden minuten voordat de terugveering volledig afgeloopen is.



figuur 10

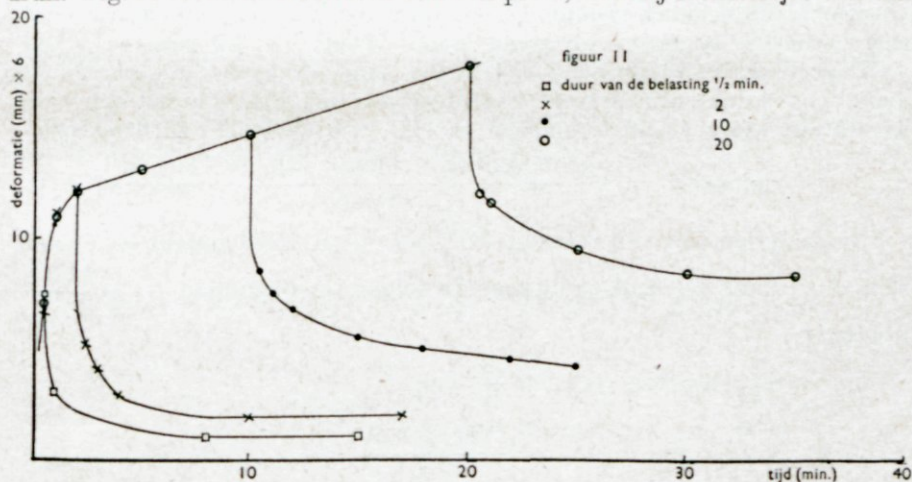
Als men bij het consistentieonderzoek belastingtijden van b.v. 0,5 min kiest, bevindt men zich in een steil verlopend deel van de deformatielijn; er kunnen dan gemakkelijk groote experimenteele fouten worden gemaakt. Ook is het elastische vervormingsproces dan nog niet afgeloopen, zoodat een interpreteering van de gevonden cijfers zeer moeilijk is.

Bij onze verdere proefnemingen kozen we een belastings- en een terugveeringsduur van 10 minuten. Bij de deformatie wordt in dien tijd het rechte deel van de deformatielijn bereikt, terwijl de terugveering na dien tijdsduur in de meeste gevallen bijna geheel is voltooid. Soms kon echter ook na 10 minuten nog duidelijk een terugveering worden waargenomen. We hebben nog overwogen den tijdsduur langer te nemen, doch dat zou experimenteele moeilijkheden geven.

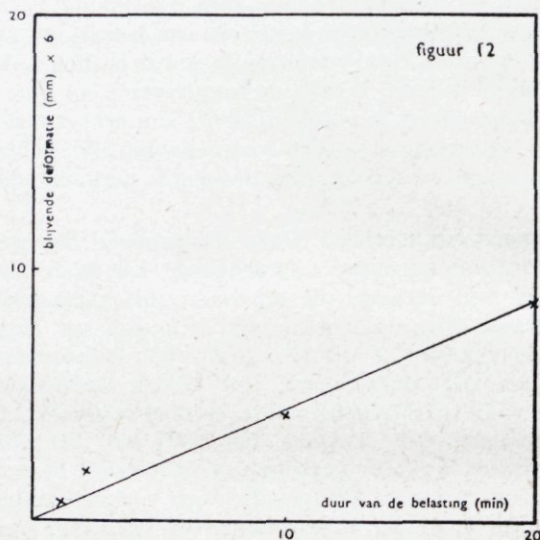
De blijvende vormverandering. Daar de proeven zoo werden genomen, dat de kaas bij het samendrukken niet scheurde, kan men, als alle nevenverschijnselen worden verwaarloosd, de blijvende vormverandering beschouwen als te zijn veroorzaakt door een vloeijing van de kaasmassa. Men kan voor kaas dus een vloeibaarheidscijfer of een viscositeitscijfer berekenen. Dit werd b.v. door DAVIS gedaan. Deze onderzoeker heeft echter niet nagegaan of het wel eenigen zin heeft van viscositeit te spreken en de waarde voor deze eigenschap in cm/g/sec.-eenheden uit te drukken. Hij heeft b.v. het verband tusschen vloeisnelheid en tijd, druk, vorm en grootte van het stukje kaas niet bestudeerd.

Bij voorbaat kan niet voor alle gevallen een verband tusschen de grootte van den druk en de blijvende vormverandering (vloeijing) worden verwacht. Bij het samenpersen van de kaas zullen veel gaatjes kunnen worden dichtgedrukt, ten gevolge waarvan de stevigheid van de kaas zal toenemen. Ook het uitpersen van vocht, o.a. bij wrongel, kan een verhoogde stevigheid ten gevolge hebben. Omgekeerd kunnen sommige kazen bij het samenpersen misschien ook minder stevig worden, want volgens SCHWARZ en FISCHER kan kaas thixotrope eigenschappen hebben. In ieder geval zal rekening moeten worden gehouden met een structuurstevigheid.

Het verband tusschen de blijvende vormverandering en den duur van de druk. Fig. 11 bevat de resultaten van een proef, waarbij monstertjes van een



jonge Edammer kaas gedurende verschillende tijden werden belast. De blijvende vormveranderingen, die bij deze proef werden gevonden, zijn uitgezet, in fig. 12; ze zijn tennaastebij rechtevenredig met den duur van de belasting, m.a.w. tijdens het samendrukken blijft de vloeisnelheid nagenoeg constant.



Het verband tusschen de blijvende vormverandering en den druk. Monster-tjes van eenzelfde kaas werden gedurende 10 minuten met verschillende gewichten belast; de blijvende vormverandering werd 10 minuten na het wegnemen van het gewicht afgelezen. Fig. 13 bevat cijfers, die bij de eenige proeven werden gevonden. In bijna alle gevallen was het verband tusschen de vloeïng en den druk rechtevenredig en kwam de regressielijn in den oorsprong uit.

Uit deze waarnemingen kan worden afgeleid, dat kaas geen vloeigrens heeft en als een zeer visqueuse vloeistof kan worden opgevat. Reeds onder den invloed van zeer kleine drukken verandert kaas van vorm, ofschoon deze vormverandering natuurlijk langzaam tot stand komt evenals b.v. bij pek.

Daar de deformatiesnelheid tijdens het samendrukken tennaastebij constant blijft en deze snelheid rechtevenredig is met den druk, lijkt het wel verantwoord van vloeisnelheid te spreken en een viscositeitscijfer te berekenen.

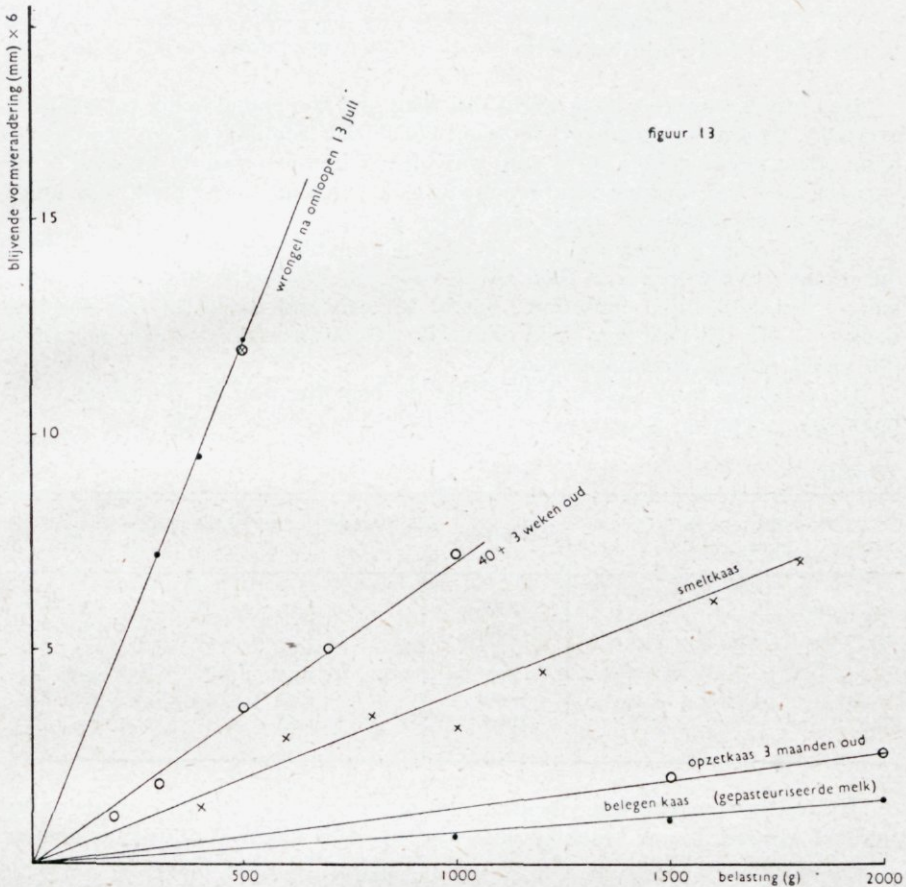
$$\text{viscositeit} = \frac{\text{schuifspanning} \times \text{duur van de vloeïng}}{\text{vloeïng}}$$

Als de verhouding van POISSON voor kaas op 0,5 wordt gesteld, is de schuifspanning $1/3$ van den druk op de kaas. De schuifspanning is dan $\frac{1/3 \times g \times 981}{d}$ dynes/cm².

De vloeïng bedraagt per cm $\frac{h}{H}$ cm.

$$\eta = \frac{981 \text{ g t H}}{3 \text{ d h}}$$

(g = gewicht in g; t = tijd in sec.; H = oorspronkelijke hoogte in cm; h = blijvende hoogtevermindering in cm; d = doorsnede in cm^2 ; η = viscositeit in poise.)



figuur 13

Deze formule werd ook door DAVIS gebruikt. Voor de omstandigheden, waarbij de meeste proeven werden genomen, is $t = 600$ sec, $H = 1,5$ cm en $d = 4 \text{ cm}^2$, dus

$$\eta = 73575 \frac{g}{h}$$

Voor de verschillende kazen van fig. 13 wordt voor η gevonden:

pas gegerste wringel	183	10^6
Edammer 40+, 3 weken oud	610	10^6
„ 40+, 3 maanden (opzet)	3300	10^6
„ 40+, belegen (gepasteuriseerde melk) . .	6640	10^6
Goudsche 40+ (Fransch zuivel)	183	10^6
Smeltkaas 40+	1100	10^6

De viscositeit van water van 20° C	= 0,01
" " " melk " 20° C	= 0,02
" " " lijnolie	= 0,52
" " " witte stroop (90 % glucose)	= 36,6
" " " pek van 19° C	= 4,5 10 ⁸
" " " brievenlak	= 1,1 10 ¹¹
" " " lood van 21° C	= 6 10 ¹⁵

Het zuivel van oude kaas wordt dus lang niet zoo gemakkelijk tot vloeijing gebracht als dat van wrongel. Wrongel vloeit zeer gemakkelijk en neemt snel bijna elken gewenschten vorm aan, wat bij het brengen van de wrongel in de vormen goed kan worden waargenomen. Ook volgt uit deze cijfers, dat jonge kaas veel gemakkelijker vloeit dan belegen kaas.

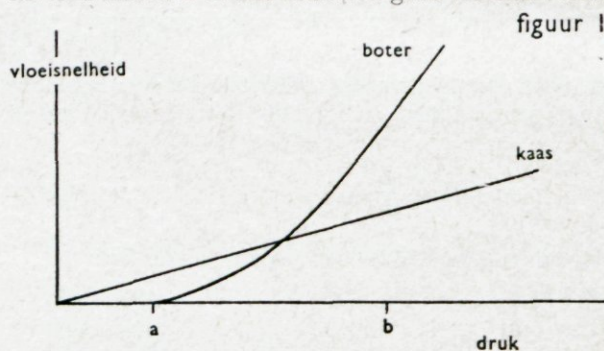
Bij een andere proef vonden we voor het zuivel van een Edammer 40+ opzetkaas van 6 weken $\eta = 1950 \cdot 10^6$ en voor een Edammer 40+ consumptiekaas ¹⁾ van denzelfden ouderdom, bereid uit een andere portie van dezelfde melk $\eta = 735 \cdot 10^6$. Ook hier blijkt duidelijk, dat de opzetkaas minder gemakkelijk vloeit dan de consumptiekaas.

De volgende tabel laat nog zien, dat de bepaling van de viscositeit onafhankelijk is van de doorsnede van het cilindervormige stukje kaas.

TABEL I

Doorsnede van het cilindertje	Gewicht	Blijvende vormverandering × 6	η
1,73 cm ²	250 g	1,15 cm	220 10 ⁶
3,83 "	300 "	0,60 "	230
3,83 "	400 "	0,85 "	216
3,83 "	500 "	1,00 "	230
7,53 "	1000 "	1,05 "	223
26,5 "	3000 "	1,15 "	175

Het ontbreken van een vloeigrens heeft ten gevolge, dat kaas reeds onder invloed van zeer kleine krachten gaat vloeien. Zelfs kleine stukjes kaas nemen,



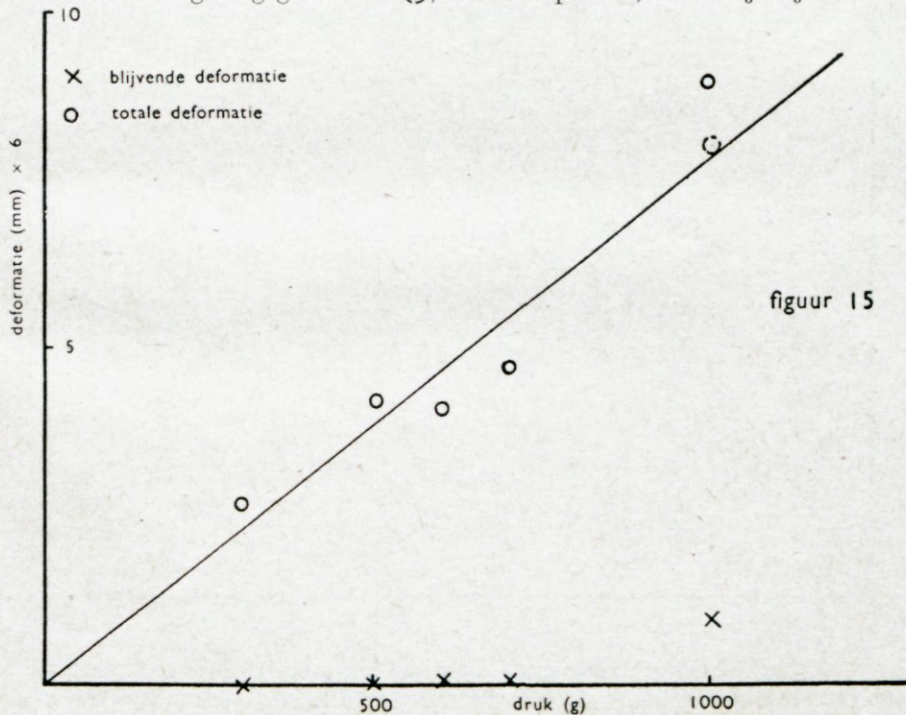
figuur 14 als men ze lang genoeg laat liggen, aan hun onderkant den vorm aan van het voorwerp, waarop ze liggen. Men kan dit dikwijls in de huiskamer waarnemen, vooral bij weke soorten kaas en bij gesneden kaas. Het gedrag van kaas is in dit opzicht dus anders dan

¹⁾ Bij de bereiding van de consumptiekaazen werd meer melksuiker uit de wrongel gewasschen dan bij de bereiding van de opzetkaazen; de pH van de opzetkaazen was na 3 weken 5,1, die van de consumptiekaazen 5,3.

dat van boter, die onder dezelfde omstandigheden wel een vloeigrens heeft (5). Het kan voorkomen, dat een stukje boter onder den invloed van een lagen druk den vorm volledig behoudt (fig. 14 bij druk a) en dat kaas bij dienzelfden druk duidelijk gaat vloeien, terwijl bij hoogere drukken de boter zeer snel aan den druk toegeeft, terwijl kaas dan veel minder snel van vorm verandert (bij druk b). In fig. 14 zijn deze gevallen schematisch voorgesteld.

De tijdelijke vormveranderingen. De tijdelijke vormveranderingen, zooals die bij de proeven van blz. 470 werden geconstateerd, kunnen als maat voor de elasticiteit, de veerkracht, van de kaas worden opgevat. Daar met allerlei traag verloopende processen rekening moet worden gehouden, is het onderzoek van dit onderdeel van de consistentiebepaling niet eenvoudig.

In het eenvoudigste geval van een elastische samendrukking is de deformatie rechtevenredig met de kracht (wet van HOOKE). Bij kaas zijn elastische en plastische vormveranderingen moeilijk afzonderlijk waar te nemen, omdat ze tegelijkertijd plaats vinden. Bij een zeer korte inwerking van den druk echter, zal de plastische vormverandering in het algemeen weinig te beteekenen hebben. Naar aanleiding van deze overweging hebben we eenige proefjes genomen, waarbij een cylindervormig stukje kaas gedurende slechts 5 seconden werd belast en waarbij de terugveering na het wegnemen van den druk na 10 minuten werd afgelezen. (fig. 15). De blijvende vormverandering was overeenkomstig de verwachting heel gering en had eigenlijk alleen beteekenis bij den druk van 1 kg (hier werd dan ook een correctie aangebracht; in de figuur is de tijdelijke vormverandering aangegeven met \odot). Door de punten, die de tijdelijke vorm-



veranderingen aangeven, kan een rechte lijn, die door den oorsprong loopt, worden getrokken. De kaas gehoorzaamt onder de omstandigheden, waarbij deze proef werd uitgevoerd, dus aan de wet van HOOKE.

Vervolgens werd een proef uitgevoerd, waarbij de monstertjes kaas niet gedurende slechts 5 sec, maar gedurende 10 minuten werden belast; ook nu weer werd de terugveering na 10 minuten bepaald (fig. 16). De blijvende vormverandering was, in overeenstemming met het reeds geschrevene, nagenoeg recht-evenredig met den druk. Hetzelfde was het geval met de tijdelijke vormveranderingen. Ook bij deze omstandigheden, waarbij elastische nawerkingen en vloeijing optraden, luisterde de kaas naar de wet van HOOKE.

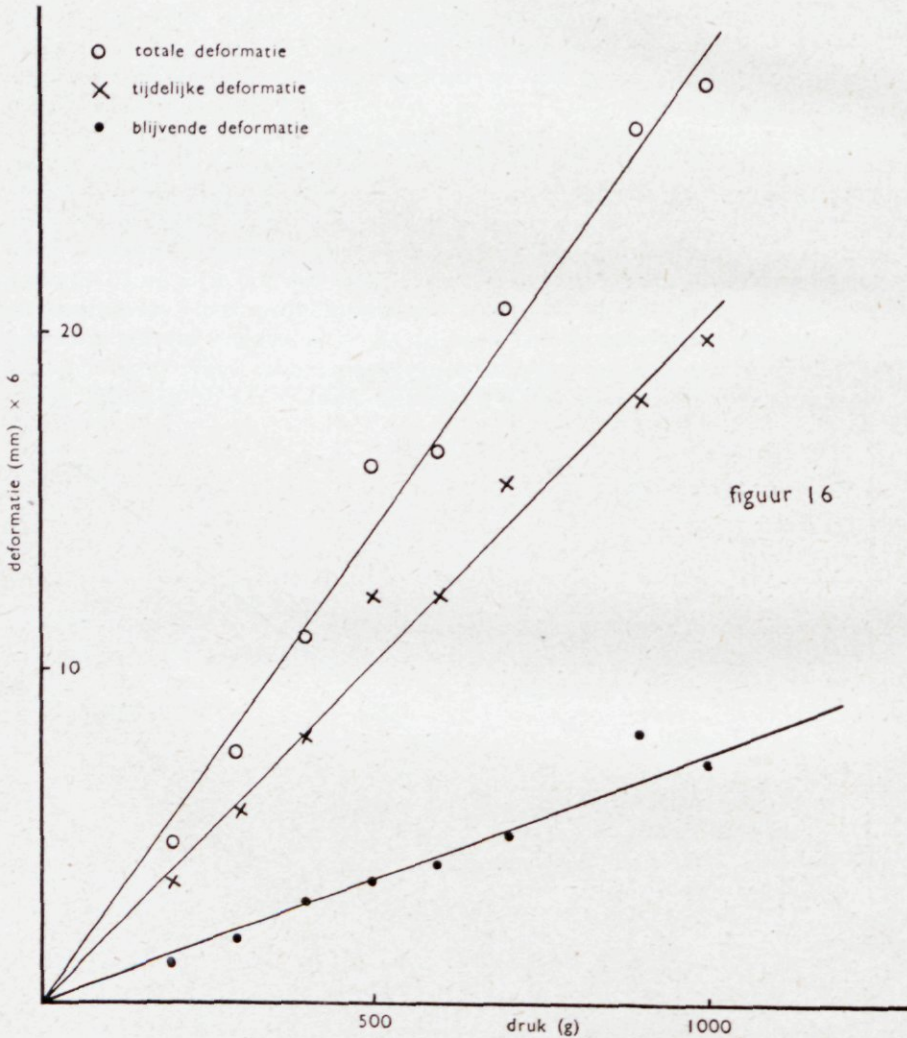


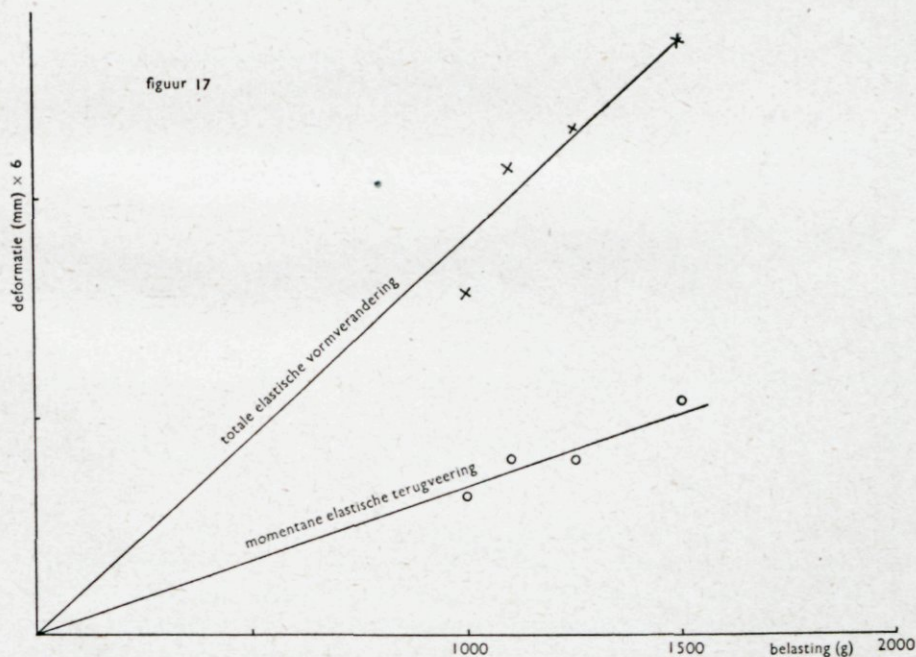
Fig. 11 laat den invloed van den duur van het samendrukken op de grootte van de terugveering duidelijk zien. Bij deze proef werden de monstertjes kaas

met een gewicht van 500 g belast en werd de terugveering 15 minuten na het wegnemen van het gewicht afgelezen. De kaas had een goed homogeen zuivel en er kwamen geen gaatjes in voor; de belastingkrommen vielen voor de verschillende monstertjes goed samen. Het verloop van de terugveering was na de verschillende belastingstijden niet gelijk. Na een belastingsduur van 0,5 minuten bedroeg de tijdelijke vormverandering bijna 7 % van de oorspronkelijke hoogte van het cilindervormige stukje kaas, na een belasting gedurende 2 minuten 11 %, na een van 10 minuten ook 11 % en na een van 20 minuten bijna 11 %. De terugveering was na de korte samendrukking kleiner dan na de langdurige uitoefening van den druk.

Ook het karakter van de terugveering was niet gelijk. Na de korte belasting voltrok de terugveering zich snel; na ca. 2 minuten was de terugveering zoo goed als afgelopen. Toen de kaas echter gedurende 20 minuten werd belast, was de terugveering zelfs na 15 minuten nog niet geheel voltooid. De verklaring hiervoor zal waarschijnlijk bij de elastische nawerkingen moeten worden gezocht, want de momentane elastische terugveering was bij deze proef in al de gevallen ongeveer gelijk (ca. 6 % van de hoogte van het cylindertje).

De trage elasticiteitsverschijnselen, die tijdens de samendrukking en tijdens de terugveering worden waargenomen, blijken met elkaar in verband te staan, want toen bij het samendrukken geen elastisch na-effect werd waargenomen, kon ook bij het terugveeren geen elastische nawerking worden waargenomen.

Tusschen de momentane elastische terugveering en de totale elasticiteit bestaat een nauw verband. Dit komt tot uiting in fig. 17, waarin voor een kaas de waarden voor de terugveering in $\frac{1}{4}$ minuut en die voor de terugveering na 10 minuten zijn geteekend. In de beide gevallen kunnen de punten door een

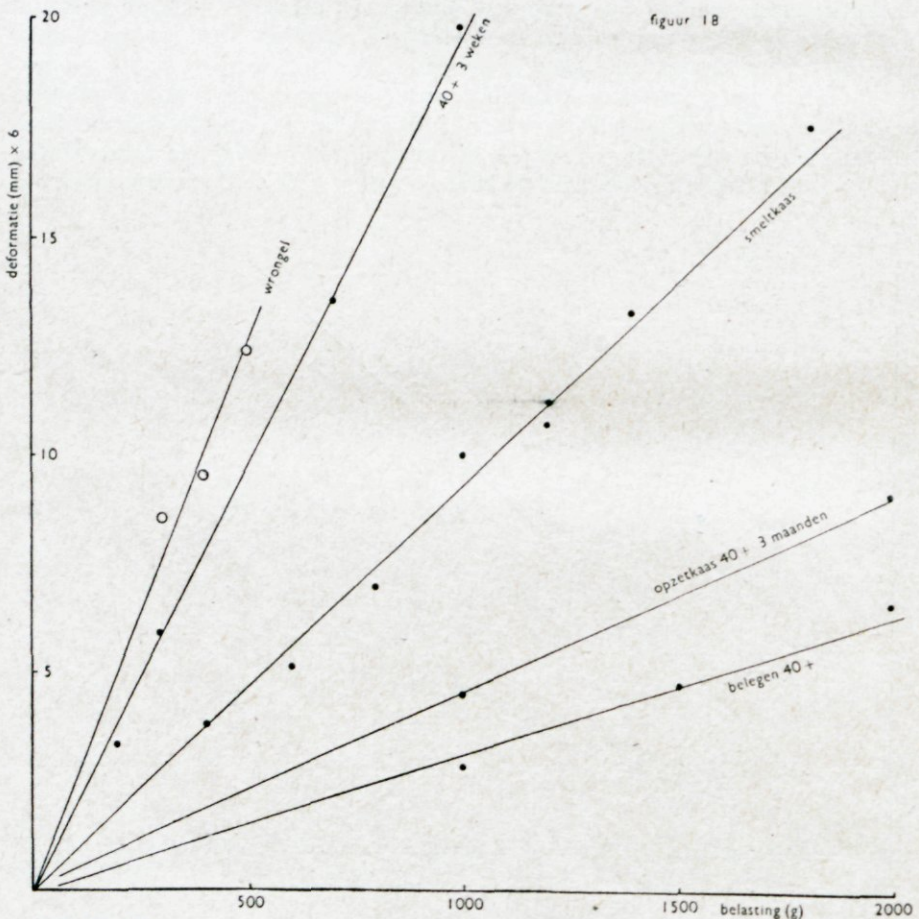


rechte lijn, die door den oorsprong loopt, worden verbonden. De waarden voor de terugveering in verschillende tijden zijn dus rechtevenredig met elkaar.

Uit de voorgaande proeven volgt, dat, als men de elastische nawerkingen niet buiten beschouwing wil laten, niet te kort moet worden belast en dat men de kaas voldoende tijd moet geven om terug te veeren. Wenscht men echter alleen de momentane elastische terugveering te kennen, dan zal men een uiterst korten belastingstijd moeten kiezen. Zooals reeds eerder werd opgemerkt, zijn de waarnemingen in het laatste geval minder goed reproduceerbaar dan in het eerstgenoemde en hebben we de voorkeur gegeven aan het bepalen van de totale tijdelijke deformatie.

Fig. 18 bevat cijfers voor de terugveering na 10 min van een aantal waarnemingen, die op verschillende soorten kaas betrekking hebben en waarbij gedurende 10 minuten werd belast. Voor elke kaas liggen de punten nagenoeg op een rechte lijn, die door den oorsprong loopt. Het verband tusschen de elastische deformatie en den druk kan dus door een cijfer, de elasticiteitsmodulus (E) worden aangegeven.

$$E = \frac{\text{druk}}{\text{terugveering}}$$



De elasticiteitsmodulus is dus de kracht, noodig voor het elastisch deformeeren. Er wordt niet door uitgedrukt of de kaas veel of weinig elastisch kan worden samengedrukt (of ze elastisch kort of -lang is).

Als de afkortingen van blz. 473 worden ingevoerd, ontstaat de formule

$$E = \frac{981 \frac{g}{h^1}}{d \frac{H}{H}} = \frac{981 \frac{g}{h^1}}{d \frac{H}{H}}.$$

(h^1 = tijdelijke hoogtevermindering)

Ook deze formule werd reeds door DAVIS gebruikt. Deze onderzoeker belastte de kaas echter slechts gedurende 30 sec. en gaf haar een even korten tijd om terug te veeren. Bij het samendrukken kreeg hij dus de som van de momentane elastische terugveering, een deel van de elastische nawerking en de vloeïing, terwijl hij bij de terugveering de momentane elastische terugveering en een deel van de elastische nawerking bepaalde. Het verband tusschen den druk en de elastische vormverandering werd niet door hem bestudeerd.

Voor de kazen van fig. 18 werd voor E gevonden:

Edammer 40+ wrongel (pas uit de pers)	0,88	10^6
„ 40+ 2 weken oud	1,1	10^6
„ 40+ (opzet) 3 maanden	4,9	10^6
„ 40+ belegen, gepasteuriseerd	7,3	10^6
„ 40+ smeltkaas	2,5	10^6
Goudsche 40+ (Fransch zuivel)	0,55	10^6

De belegen kaas vroeg een veel grootere kracht voor de elastische samen-drukking dan de wrongel. Duidelijk was ook het verschil in E tusschen de op-zet- en de consumptiekazen genoemd op blz. 474. Voor de opzetkaas bedroeg E $7,3 \cdot 10^6$ voor de consumptiekaas $2,4 \cdot 10^6$.

De totale vormverandering. Daar de tijdelijke en de blijvende vormveranderingen beide rechtevenredig zijn met den druk, zal dit ook het geval zijn met de totale vormverandering. Dit komt in fig. 16 tot uiting.

De totale vormverandering, die de kaas ten gevolge van den druk ondergaat, is een maat voor den weerstand, dien de kaas tegen dien druk biedt en is dus een soort stevigheid, stugheid. Men zou deze stugheid (St) kunnen definiëeren als de druk in grammen per cm^2 , die noodig zou zijn om een cylinder-vormig stukje kaas in 10 minuten tot de helft van de oorspronkelijke hoogte samen te drukken, zonder dat de onderlinge samenhang van de deeltjes verloren gaat:

$$St = \frac{g \cdot 0,5 \cdot H}{d \cdot h}.$$

St is een empirische grootheid. Indien men niet gedurende 10 minuten, doch gedurende een anderen tijdsduur zou belasten, zou men geheel andere cijfers voor de stugheid vinden. Daar bij het bepalen van de elasticiteitsmodulus een belastingsduur van 10 minuten werd toegepast, werd deze tijd ook voor de stugheidsbepaling gekozen.

In de meeste gevallen is het niet practisch uitvoerbaar om het cylindertje kaas tot op de helft van de hoogte samen te drukken zonder dat het breekt. St kan dan slechts door berekening worden gevonden.

Voor de kazen, waarop de figuren 13 en 18 betrekking hebben, werd voor St gevonden:

Wrangel	216
Edammer 40+, 2 weken oud	420
„ 40+, 3 maanden (opzet)	1956
„ 40+, belegen (gepasteuriseerde melk)	3030
„ 40+, smeltkaas	2412
Goudsche 40+, „Fransch zuivel”	180

De cijfers voor de stugheid loopen voor deze kaassoorten voldoende uiteen om een onderscheid te kunnen maken. Dit blijkt ook bij het vergelijken van de op blz. 474 genoemde kazen, die uit gelijke melk werden bereid. St was voor de opzetkaas 2190 en voor de consumptiekaas 747; het verschil in stugheid komt hier goed tot uitdrukking.

De beteekenis van de gevonden cijfers

In de eerste plaats zij opgemerkt, dat de gegeven definities min of meer arbitrair zijn en dat de omstandigheden, waaronder de bepalingen worden uitgevoerd, zooveel mogelijk gelijk moeten worden gehouden, ten einde vergelijkbare cijfers te krijgen. We meenen, dat de cijfers beter geschikt zijn voor het vergelijken van de consistentie van het zuivel van verschillende kazen dan de cijfers van DAVIS, die slechts korte belastings- en terugveeringstijden toepaste of de cijfers van KOESTLER, die zuiver empirisch zijn.

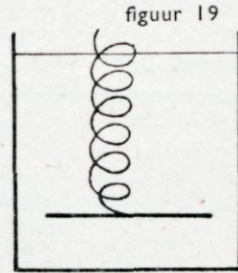
De totale deformatie zegt iets over de stugheid van kaas ten opzichte van een druk, die geruimen tijd inwerkt.

De viscositeit zegt iets over den invloed van langdurig inwerkende krachten; b.v. over den invloed van het eigen gewicht van de kaas op de vormverandering van het onderste laagje van de kaas. Men kan er dus iets uit afleiden over de mogelijkheid van uitzakken (blz. 469).

Wanneer de druk slechts kort op de kaas inwerkt, heeft deze geen tijd om te vloeien. In dat geval zal de viscositeit van weinig belang zijn (tenzij ze zeer laag is) en zullen de vormveranderingen bijna geheel van elastischen aard zijn. De weerstand, dien de kaas tegen dergelijke kort inwerkende krachten (b.v. tegen het samendrukken tusschen duim en vinger) biedt, zal dus door de elasticiteitsmodulus kunnen worden aangegeven. Strikt genomen zou men den modulus van de momentane elastische terugveering moeten nemen; deze is echter naar op blz. 477 bleek rechtevenredig met den door ons berekenden modulus.

Het voorgaande geldt natuurlijk alleen in die gevallen, waarin de viscositeit hoog genoeg is om een vloeijing in de korte periode van samendrukken tegen te gaan. Is de viscositeit laag en de elasticiteitsmodulus groot, dan zal de eerstgenoemde factor ook bij kort inwerkende krachten van belang zijn. Deze veronderstelling zij met het volgende voorbeeld duidelijk gemaakt.

Als een schijf, die aan een springveer is bevestigd (fig. 19) door een vloeistof wordt getrokken, hangt het van de viscositeit van de vloeistof en de strakheid van de veer af wat er gebeurt. Als de veer strak is (hooge elasticiteitsmodulus) en de vloeistof weinig visqueus, zal de schijf uit de vloeistof kunnen worden getrokken zonder dat de veer merkbaar uitrekt. Is het tegengestelde het geval (slappe veer, visqueuse vloeistof), dan rekt de veer heel ver uit voordat de schijf met een merkbare snelheid door de vloeistof wordt getrokken. Men kan ook gevallen bedenken, die tusschen de genoemde inliggen en waarin de veer wordt uitgerekt doch waarin ze tevens de schijf snel door de vloeistof trekt. Met deze tusschenliggende gevallen kan kaas worden vergeleken. Als kaas elastisch wordt samengedrukt, gaat ze tegelijkertijd vloeien. Ze zal meer gaan vloeien naarmate de viscositeit ten opzichte van de elasticiteitsmodulus lager is, terwijl ze omgekeerd meer elastisch zal worden samengedrukt naarmate de elasticiteitsmodulus een lagere en de viscositeit een hoogere waarde heeft.



Men kan gemakkelijk aantoonen, dat de kracht, die noodig is om een kaas elastisch van vorm te veranderen, voldoende groot kan zijn om een merkbare vloeïing tot stand te brengen. Bij een proef b.v. werden cylindervormige stukjes kaas tot op 0,9 van hun hoogte samengedrukt. Nadat deze deformatie gedurende verschillende tijden was gehandhaafd, werd de terugveering nagegaan. Na een samendrukking gedurende 30 seconden veerde de kaas zoo goed als geheel tot haar oude hoogte terug; na een samendrukking, die 15 minuten duurde, en beter nog na een, die 90 minuten duurde, kon duidelijk een vloeïing worden geconstateerd. De spanning, die ten gevolge van de elastische deformatie in de kaas ontstond, was dus groot genoeg om een merkbare vloeïing te veroorzaken (tabel 2).

TABEL 2

Duur van de samen- drukking tot 0,9 H	Blijvende vorm- verandering	De vormverandering herstelt zich voor ... %
30 sec.	0	100
15 min.	22 %	78
90 "	40 %	60

De vloeïing, die onder den invloed van elastische spanningen tot stand komt en die er naar streeft de spanning te doen verdwijnen, noemt men relaxatie. De relaxatietijd (t_r) wordt bepaald door de verhouding tusschen de viscositeit en den elasticiteitsmodulus; $t_r = \frac{\eta}{1/3 E}$.

Het voorgaande doet veronderstellen, dat de verhouding tusschen de viscositeit en den elasticiteitsmodulus, dus de relaxatietijd, van veel belang kan zijn bij het beoordeelen van kaas. De veerkrachtigheid van kaas, het vermogen

tot terugveering, zal in den relaxatietijd tot uitdrukking kunnen komen. DAVIS wees hier reeds op, maar ging er niet verder op in. Van de kazen van fig. 13 en fig. 18, waarvan η en E bekend zijn, berekenden we den relaxatietijd (tabel 3).

TABEL 3

	η	E	t_r
Wongel	183 10^6	0,88 10^6	623
Edammer 40+, 2 weken	610	1,1	1664
„ 40+, opzet, 3 maanden	3300	4,9	2020
„ 40+, belegen	6640	7,3	2729
„ 40+, smeltdaas	1100	2,5	1320
„ 40+, Fransh zuivel.	183	0,55	998
Edammer 40+, 6 weken, consumptie	735	2,4	920
„ 40+, 6 „ „ opzet	1950	7,	801

Er is dus een duidelijk verschil tusschen de onderzochte kazen, wat betreft hun relaxatietijd. Het is echter opmerkelijk, dat de pas geperste wrongel, met een rubberachtige consistentie, een lagere t_r heeft dan de weinig elastisch aanvoelende belegen kaas. Van de laatste twee kazen van de tabel had de consumptiekaas, die veerkrachtiger was dan de opzetkaas, den hoogsten relaxatietijd; het verschil was echter niet groot.

Tabel 4 bevat de cijfers van eenige andere proeven, waarbij t_r werd bepaald.

TABEL 4

	Edammer 40+ opzet				Edammer 40+ consumptie			
	$\eta \cdot 10^{-6}$	E. 10^{-6}	t_r	zuivel	$\eta \cdot 10^{-6}$	E. 10^{-6}	t_r	zuivel
Na persen	120	0,28	1285	rubberachtig	99	0,27	1100	rubber
Na omloopen	155	0,22	2113	„	134	0,29	1024	„
14 dagen oud	478	0,36	3983	smijdig	184	0,24	2300	ietsje rubber
3 maanden oud	3300	1,35	7333	„	te veel gateu door „laat-los”			

TABEL 5

	Hoogtevermindering bij breuk (% van H)								Breek	
	met persje				met gewicht en unster					
	40+ opzet	40+ cons.	20+ opzet	20+ cons.	40+ opzet	40+ cons.	20+ opzet	20+ cons.	40+ opzet	40+ cons.
Na het persen	67	60	52	63	67	61	53	58	5	4
Na het omloopen	67	—	67	64	60	—	67	58	5	—
14 dagen oud	44	60	55	53	40	55	50	50	2,5	3,5
3 maanden oud.	—	—	33	—	30	—	30	20	7	—

Ook bij deze proeven hadden de kazen met een rubberachtig dus een zeer elastisch zuivel een lagere relaxatietijd dan de oudere kazen, die weinig of in 't geheel niet rubberachtig waren. Er bestaat dus geen verband tusschen t_r en de organoleptische beoordeeling van de veerkrachtigheid van het zuivel.

Eigenlijk is dit resultaat niet verwonderlijk. Bij de organoleptische beoordeeling gaat men n.l. niet na of de terugveering volledig geschiedt, zooals dat in t_r tot uitdrukking komt, maar of er een groote of een kleine terugveering plaats vindt. Een kaas, die zeer ver kan worden samengedrukt zonder te breken en voor b.v. 50 % terugveert, zal bij het samendrukken tusschen de vingers een elastischer indruk geven dan een kaas, die weinig of niet kan worden samengedrukt zonder te breken, doch die volledig terugveert. Toch is in het eerste geval t_r klein en in het laatste geval groot. Een voorbeeld voor deze gevallen is het verschil tusschen wrongel en belegen kaas.

PROEVEN, WAARBIJ DE SAMENHANG TUSSCHEN DE DEELTJES NIET BEHOUDEN BLIJFT

Daar een druk, die slechts gedurende een korten tijd op de kaas inwerkt, in hoofdzaak slechts een elastische vormverandering veroorzaakt, zal men de elasticiteit van kaas bij eenige benadering ook kunnen meten door na te gaan hoever een stukje kaas kan worden samengedrukt zonder te breken. Hoe sneller die samendrukking tot stand komt hoe beter, want bij een langzame samendrukking mag de vloeijing niet worden verwaarloosd, zoodat de deformatie dan niet van alleen elastischen aard zou zijn.

We hebben deze deformatie bij breuk op twee verschillende manieren bepaald. Bij de beide methoden werd een cylindervormig stukje kaas ($H = 1,5$

Edammer 20+ opzet				Edammer 20+ consumptie			
$\eta \cdot 10^{-6}$	$E \cdot 10^{-6}$	t_r	zuivel	$\eta \cdot 10^{-6}$	$E \cdot 10^{-6}$	t_r	zuivel
191	0,33	1736	rubber	115	0,28	1232	rubber
184	0,29	1903	"	134	0,29	1386	"
400	0,34	3529	iets rubber	380	0,31	3677	spoor rubber
3200	1,65	5818				nagisting	

spanning (kg)		Aard van het zuivel			
20+ opzet	20+ cons.	40+ opzet	40+ cons.	20+ opzet	20+ cons.
5,6	5	rubberachtig	rubberachtig	rubberachtig	rubberachtig
6,5	4,8	"	"	"	"
4,3	4,2	bijna smijdig	ietsje " rubber	iets " rubber	iets " rubber
9	5	smijdig	—	smijdig	smijdig

cm; doorsnede = 4 cm²) zoo snel mogelijk tusschen twee evenwijdige platen samengedrukt tot het scheurde. Op dat oogenblik werd de deformatie afgelezen. In het eene geval werd de samendrukking tot stand gebracht met behulp van een persje voorzien van een micrometerschroef, die met de hand snel werd aangedraaid, in het andere geval geschiedde zij met behulp van een gewicht, dat aan een unster hing, die voorzichtig op de kaas werd neergelaten (DAVIS beschreef een dergelijke inrichting). Bij de laatste werkwijze kon tevens de kracht worden afgelezen, die noodig was om het scheuren van de kaas tot stand te brengen (de breukspanning)¹⁾. Tabel 5 geeft een overzicht van de proeven, die met monstertjes van de kazen werden uitgevoerd, waarop ook tabel 5 betrekking heeft.

Deze tabel doet uitkomen, dat de jonge kaas en de wrongel zeer ver konden worden gedeformeerd zonder te breken. De stukjes wrongel konden zelfs tot op 1/3 van hun oorspronkelijke hoogte worden samengedrukt. Toen de kazen 3 maanden oud waren en hun rubberachtigheid geheel of bijna geheel hadden verloren, konden ze niet meer zoo ver worden samengedrukt zonder te breken. Voor wrongel met een „rubberachtige” consistentie lag de deformatie bij breuk dus bij hogere waarden dan voor kaas van drie maanden oud, die niet „rubberachtig” was.

De kracht, die noodig is om de kaas bij het samendrukken te doen scheuren (tabel 5), de breukspanning, hangt af van de elasticiteitsmodulus en de deformatie bij breuk. Bij een bepaalde samendrukking behoort de kracht $K = \text{elasticiteitsmodulus} \times \text{deformatie}$ (blz. 475). Deze formule maakt het duidelijk waarom er voor het stukdrukken van een stukje wrongel een bijna even groote kracht noodig is als voor het stukdrukken van een stukje kaas. Wrongel heeft een lage elasticiteitsmodulus en voelt daardoor week aan; ze moet echter sterk worden gedeformeerd voor ze breekt. Het product van deformatie en E is op het oogenblik van scheuren dus toch groot, m.a.w. de wrongel vraagt voor het stukdrukken een groote kracht. Kaas heeft een vrij hoge elasticiteitsmodulus en geeft bij het samendrukken tusschen de vingers een stevigen indruk. Ze kan echter niet zooveel worden vervormd zonder te breken als wrongel. Het product E en de deformatie behoeven voor kaas dus niet zeer veel grooter te zijn dan voor wrongel en de kracht om een stukje kaas, dat stevig aanvoelt, te breken behoeft niet bijzonder veel grooter te zijn dan de kracht, die noodig is om een stukje „weeke” wrongel stuk te drukken. Dit komt in tabel 5 tot uitdrukking.

Als er bij het bepalen van de breukspanning en de deformatie bij breuk in 't geheel geen vloeijing zou plaats vinden en er geen onzichtbare structuurwijziging tot stand zou komen, zou uit die factoren een modulus van momentane elastische terugveering kunnen worden berekend (blz. 475). Tabel 6 bevat het quotient van breukspanning en deformatie bij breuk, de elasticiteitsmodulus van tabel 4 en het quotient van deze cijfers.

Bij het beoordeelen van de smijdigheid van het zuivel wordt een stukje kaas tusschen de vingers fijn gewreven. Daarbij wordt de kaas aan een steeds grooter wordende wrijvende (scheurende) kracht onderworpen, zoodat de ge-

¹⁾ Later bepaalden we de breukspanning met behulp van het toestel van KRUISHEER en DEN HERDER, beschreven voor het bepalen van de stevigheid van boter.

heele structuur wordt vernield. Men heeft bij het beoordeelen van de smijdigheid waarschijnlijk weinig aan de resultaten van de reeds besproken proeven, waarbij de onderlinge samenhang van de deeltjes behouden bleef.

TABEL 6

	Brekspanning def. bij breuk	E. 10^{-4}	Quotient		Brekspanning def. bij breuk	E. 10^{-4}	Quotient
40+ opzet	74,5	28	2,7	20+ opzet	106,0	33	3,2
	83,5	22	3,8		97,0	29	3,3
	62,5	36	1,7		86,0	34	2,5
	232,0	135	1,7		300,0	165	1,8
40+ cons.	65,5	25	2,7	20+ cons.	86,0	28	3,1
	63,5	24	2,6		83,0	29	2,8
					84,0	31	2,7

Waarschijnlijk is de deformatie bij breuk bij het beoordeelen van de smijdigheid van veel belang. Als een stukje rubberachtige, elastisch taaië kaas tusschen de vingers wordt gewreven, begint het met elastisch van vorm te veranderen. De wrijvende kracht wordt voortdurend vergroot en daarmede ook de vervorming. Ten slotte gaat de kaas scheuren. Ze wordt daarbij tot kleine stukjes verdeeld. Een deel van deze stukjes wordt ook bij het grooter worden van de wrijvende kracht niet fijngewreven. Evenals een stukje weke rubber worden ze tusschen de vingers elastisch platgedrukt en trachten ze tusschen de vingers door te glippen. Dit kan vrij gemakkelijk als de brekspanning bij niet te lage waarden ligt. De vingers zijn n.l. week en zullen plaatselijk voor den druk van de kaas wijken, zoodat de kleine stukjes niet zoover worden platgedrukt dat ze stuk gaan. In dit geval spreken sommige kaaskeurders van „korrelig”, omdat de kaas, die een rubberachtig, taai zuivel heeft, in stukjes, korreltjes, tusschen de vingers door gaat. Als de kracht, die noodig is om de korreltjes fijn te wrijven, echter niet groot is, wat het geval kan zijn bij weke kaas (b.v. bij kaas met z.g. Fransch zuivel), is het soms mogelijk de kaas toch tusschen de vingers fijn te wrijven en uit te smeren. Ze is dan smijdig en tegelijkertijd elastisch. In het algemeen zal men haar dan echter niet taai noemen. Onder „taai” verstaat men meestal elastisch zuivel, dat een groote kracht vraagt om fijngewreven te worden.

Wanneer de kaas elastisch kort is en dus weinig van vorm kan veranderen zonder te breken, zal ze bij het wrijven tusschen duim en vingers spoedig stuk gaan. Ook een geboord monster kan men zoo goed als niet buigen zonder te breken. Bij het wrijven tusschen de vingers valt zoo'n kaas tot korreltjes uiteen. Het hangt van den inwendigen samenhang van deze korreltjes af of ze door een grootere kracht heelemaal kunnen worden fijngewreven. Als de inwendige samenhang niet zeer groot is, worden de korreltjes uitgesmeerd en is het zuivel smijdig. Is de samenhang daarentegen groot, dan zullen de vingers plaatselijk voor de korreltjes wijken. De kaas geeft dan een harden, drogen, zanderigen indruk.

Uit deze beschouwing volgt, dat het zeer moeilijk zal zijn de smijdigheid in een objectieven maat uit te drukken. Wel kan men zeggen, dat de kans op een smijdig zuivel groot is als de deformatie bij breuk en ook de breukspanning niet te hooge waarde hebben. Dit blijkt ook in tabel 5.

Het onderzoek zal nog worden voortgezet. Hierbij zal tevens worden gelet op het verband van de consistentie-eigenschappen met de andere eigenschappen van de kaas, zooals het zoutgehalte, de zuurheidsgraad, het vochtgehalte, het gebonden water, de eiwitsplitsing.

SAMENVATTING

Er werd een begin gemaakt met het bestudeeren van de rheologische eigenschappen van kaas. Cilindervormige stukjes kaas, die zich tusschen 2 evenwijdige platen bevonden, werden met behulp van een gewicht samengedrukt; daarna werd het gewicht weggenomen en kreeg de kaas gelegenheid terug te veeren. Het verloop van de deformatielijn is aangegeven in fig. 10. Tenzij anders is opgegeven, werd door den duur van de belasting en de terugveering 10 minuten gekozen; men bevindt zich dan op het horizontale deel van de deformatielijn en verkrijgt daardoor beter reproduceerbare waarden dan bij toepassing van kortere tijden.

De totale vormverandering bij de samendrukking was rechtevenredig met den aangewenden druk. Naar aanleiding hiervan werd een cijfer voor de stevigheid (St) berekend, dat den druk aangeeft, die noodig is om een cilindervormig stukje kaas in 10 min tot op de halve hoogte samen te drukken. St varieerde van 216 (wrongel) tot 3030 (belegen Edammer 40+).

De, na de terugveering, blijvende vormverandering was rechtevenredig met den druk, met den duur van de samendrukking, met de doorsnede van het stukje kaas. Onder de toegepaste omstandigheden gedroeg kaas zich, wat betreft de vloeijing, als een Newton-vloeistof. Het is dus mogelijk een viscositeitscijfer (η) te berekenen. η (poises) varieerde van $183 \cdot 10^6$ (wrongel) tot $6640 \cdot 10^6$ (belegen Edammer 40+).

Het „inzakken” van kaas staat waarschijnlijk in verband met de viscositeit.

Ook de elastische terugveering was rechtevenredig met den aangewenden druk en volgt de wet van HOOKE. Er kan dus een elasticiteitsmodulus (E) worden berekend. E varieerde van $0,88 \cdot 10^6$ (wrongel) tot $7,3 \cdot 10^6$ (belegen Edammer 40+).

De elastische terugveering kan worden verdeeld in een momentaan verloopende en een langzaam verloopende terugveering. Tusschen deze twee bestaat een zeker verband. Ook bestaat er een verband tusschen de traag verloopende elastische samendrukking en de traag verloopende terugveering. De kracht, die men moet aanwenden om kaas tusschen duim en vinger samen te drukken, wordt in hoofdzaak aangegeven door de momentaan verloopende elastische eigenschappen.

Er kan zeer duidelijk een relaxatie worden aangetoond. Bij de beoordeeling van de veerkrachtigheid van het zuivel gaat men na of de terugveering groot of klein is en niet of ze volledig is. Deze beoordeeling staat dan ook niet in verband met den relaxatietijd.

De deformatie bij breuk en de kracht die noodig is om deze deformatie tot stand te brengen, zeggen waarschijnlijk iets over de taaigheid, de korreligheid, de zanderigheid en de smijdigheid van het zuivel.

LITERATUUR

- (1) G. KOESTLER, Landw. Jahrb. der Schweiz (1931) 421.
Idem, Landw. Jahrb. der Schweiz (1930) 439.
Idem, Landw. Jahrb. der Schweiz (1940) 1.
Idem, Milchw. Forsch. 21 (1941) 62.
- (2) J. G. DAVIS, Journ. Dairy Research 8 (1937) 245.
- (3) G. W. SCOTT BLAIR, Journ. Dairy Research 9 (1938) 347.
- (4) G. SCHWARZ en O. FISHER, Milchw. Forsch. 21 (1942) 106.
- (5) H. MULDER, Versl. v. landbk. Onderz. 45 (1939) 649.

SUMMARY

A beginning was made with the study of the rheological properties of cheese. In experiments with a simple plan-parallel plastometer the total compression was in a direct proportion to the pressure employed.

The deformation, remaining after the completion of the elastic recovery, was directly proportional to the pressure, the time during which the pressure worked upon the cheese and the diameter of the compressed pieces. In this respect cheese behaved as a Newtonian liquid and it is possible to calculate a figure of viscosity in cm/g/sec units. Under the conditions of our experiments η varied from $183 \cdot 10^6$ (cheese coming just from the press) to $3030 \cdot 10^6$ (Edam cheese 40+, about 1 year old). The viscosity-figures say something about the standing-up properties of the cheese.

The elastic deformation was also directly proportional to the pressure. Therefore it is possible to calculate a modulus of elasticity in cm/g/sec units. Under the conditions of our experiments E varied from $0,88 \cdot 10^6$ to $7,3 \cdot 10^6$.

The elastic deformation consists out of a momentary passing and a slowly passing part. Between these parts there seems to be a connection. The slowly passing before and after-effects also seem to be in connection with each other.

The force required to compress a piece of cheese between thumb and finger is principally indicated by the momentary elastic properties. Relaxation can be demonstrated easily. There is no connection between the relaxation time and the organoleptic examination of the elasticity. When the elasticity is examined with thumb and finger, it is estimated whether the recovery is great or small and not whether it is complete or not.

The deformation at the moment of breaking and the force bringing it about, say something about the toughness, the shortness, the malleableness, etc. of the cheese.